

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-112084

(13) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-269045

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22) 出願日

平成9年(1997)10月1日

(72) 発明者 吉川 隆士

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 斎藤 英彰

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

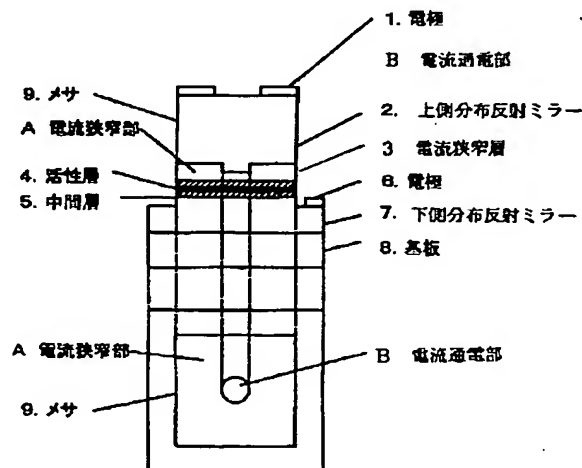
(74) 代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 酸化層の形成により電流狭窄がなされる半導体レーザにおいて、酸化パターンを高精度に形成し、これにより閾値電流等の特性の向上および均一化を図る。

【解決手段】 電流通電部Bおよび電流狭窄部Aにわたる電流狭窄層3を有し、電流狭窄部Aの電流狭窄層3の厚みは電流通電部Bの電流狭窄層3の厚みよりも厚く、電流狭窄部Aの電流狭窄層3は酸化層であって、電流通電部Bの電流狭窄層3は実質的に酸化されていない半導体レーザとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザにおいて、前記通電領域および前記電流狭窄領域にわたる電流狭窄層を有し、前記電流狭窄領域の電流狭窄層の厚みは前記通電領域の電流狭窄層の厚みよりも厚く、前記電流狭窄領域の電流狭窄層は酸化層であって、前記通電領域の電流狭窄層は実質的に酸化されていないことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザにおいて、前記電流狭窄領域に酸化層からなる電流狭窄層を備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】 前記電流狭窄領域の前記電流狭窄層は酸化 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなり、前記通電領域の前記電流狭窄層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記通電領域の前記電流狭窄層の厚みが20nm以下であることを特徴とする請求項1乃至3いずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記電流狭窄領域の前記電流狭窄層の厚みが20nmを超えることを特徴とする請求項1乃至4いずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項6】 通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザにおいて、前記通電領域および前記電流狭窄領域にわたる多層構造の電流狭窄層を有し、前記電流狭窄領域の電流狭窄層は、第一電流狭窄層および第二電流狭窄層を含んでなり、前記通電領域の電流狭窄層は、第一電流狭窄層、第二電流狭窄層およびこれらに挟まれた酸化ストップ層を含んでなり、前記電流狭窄領域の前記第一電流狭窄層および前記電流狭窄領域の前記第二電流狭窄層は酸化層であって、前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層は実質的に酸化されていないことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】 前記電流狭窄領域の前記第一電流狭窄層および前記電流狭窄領域の前記第二電流狭窄層は酸化 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなり、前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなることを特徴とする請求項6に記載の半導体レーザ。

【請求項8】 前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層の厚みがいずれも20nm以下であることを特徴とする請求項6または7に記載の半導体レーザ。

【請求項9】 前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層の厚みの和が20nmを超えることを特徴とする請求項6乃至8いずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項10】 通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザの製造方法において、基板上に下側分布反射ミラーと、活性層を含む中間層とを形成する工程と、該中間層の上に、通電領域における層厚が電流狭窄領域における層厚よりも薄くなるように電流狭窄層を形成する工程と、前記電流狭窄層の上面に上側分布反射ミラーを形成する工程と、前記下側分布反射ミラー、前記中間層、前記電流狭窄層、および前記上側分布反射ミラーをエッチングすることによりメサを形成する工程と、前記メサの側壁から前記電流狭窄層を酸化させる工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項11】 前記電流狭窄領域の前記電流狭窄層は酸化 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなり、前記通電領域の前記電流狭窄層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなることを特徴とする請求項10に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項12】 前記電流狭窄層を形成する工程で、前記通電領域における前記電流狭窄層の層厚が20nm以下となるように前記電流狭窄層を形成することを特徴とする請求項10または11に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項13】 前記電流狭窄層を形成する工程で、前記電流狭窄領域における前記電流狭窄層の層厚が20nmを超えるように前記電流狭窄層を形成することを特徴とする請求項10乃至12いずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項14】 通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザの製造方法において、基板上に下側分布反射ミラーと、活性層を含む中間層とを形成する工程と、該中間層の上に第一電流狭窄層を形成する工程と、該第一電流狭窄層の上面に開口部を有するマスクを設けた後、該マスクの開口部に酸化ストップ層を形成する工程と、前記マスクを除去した後、全面に第二電流狭窄層を形成する工程と、前記第二電流狭窄層の上面に上側分布反射ミラーを形成する工程と、前記下側分布反射ミラー、前記中間層、前記電流狭窄層、および前記上側分布反射ミラーをエッチングすることによりメサを形成する工程と、前記メサの側壁から前記電流狭窄層を酸化させる工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項15】 前記電流狭窄領域の前記第一電流狭窄層および前記電流狭窄領域の前記第二電流狭窄層は酸化 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなり、前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなることを特徴とする請求項14に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項16】 前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層の厚みがいずれ

も20nm以下であることを特徴とする請求項14または15に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項17】 前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層の厚みの和が20nmを超えることを特徴とする請求項14乃至16いずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は化合物半導体に関し、特に選択酸化を用いて電流狭窄を行う半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、半導体レーザにおける電流狭窄を行うためには、エッチングによりメサ構造を作り、そのまま電極をつける方法や、伝導体の異なる半導体材料で埋め込み成長を行い、メサ部以外にヒルトインポテンシャルの大きいpn接合を形成する方法、あるいはメサは作らずにプロトン等のイオン注入により電流狭窄領域のみに直接高抵抗層を形成する方法が行われていた。

【0003】 これに対して、例えばIEEE Photonics Technology Letters, vol. 7, No. 11, pp. 1237-1239, (1995)には、酸化層の形成により電流狭窄を行う方法が示されている。具体的には、AlAsまたはAlGaAs層の一部を400℃から500℃の高温で水蒸気雰囲気中で酸化することで、AlAs層またはAlGaAs層の一部を酸化させることにより高抵抗化して電流狭窄を行っている。このような酸化層の形成により電流狭窄を行う方法によれば、酸化による屈折率の変化が大きいことから、電流狭窄のみならず光閉じ込め効果も得られるという利点がある。また、メサエッチング等により活性層近傍を大気にさらすことがなく、さらに、イオン注入法をとった場合に見られる界面だれのない、はっきり区切られた電流狭窄構造が得られることから、閾値電流の大幅な低減が可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、酸化の進行速度はAl組成、酸化温度に大きく影響されるために均一な酸化パターンを大面積で繰り返し得るのは困難である。そのため酸化により電流狭窄構造が形成された従来の半導体レーザは、閾値電流、光-電気交換効率などの特性が均一に得られないという点でなお改善の余地を有していた。

【0005】 本発明は、酸化層の形成により電流狭窄がなされる半導体レーザにおいて、酸化パターンを高精度に形成し、これによりレーザ特性の向上および均一化を図ることを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決する本発明によれば、通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄

構造を有する半導体レーザにおいて、前記通電領域および前記電流狭窄領域にわたる電流狭窄層を有し、前記電流狭窄領域の電流狭窄層の厚みは前記通電領域の電流狭窄層の厚みよりも厚く、前記電流狭窄領域の電流狭窄層は酸化層であって、前記通電領域の電流狭窄層は実質的に酸化されていないことを特徴とする半導体レーザが提供される。

【0007】 また本発明によれば、通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザにおいて、前記電流狭窄領域に酸化層からなる電流狭窄層を備えたことを特徴とする半導体レーザが提供される。

【0008】 また本発明によれば、通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザにおいて、前記通電領域および前記電流狭窄領域にわたる多層構造の電流狭窄層を有し、前記電流狭窄領域の電流狭窄層は、第一電流狭窄層および第二電流狭窄層を含んでなり、前記通電領域の電流狭窄層は、第一電流狭窄層、第二電流狭窄層およびこれらに挟まれた酸化ストップ層を含んでなり、前記電流狭窄領域の前記第一電流狭窄層および前記電流狭窄領域の前記第二電流狭窄層は酸化層であって、前記通電領域の前記第一電流狭窄層および前記通電領域の前記第二電流狭窄層は実質的に酸化されていないことを特徴とする半導体レーザが提供される。

【0009】 また本発明によれば、通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザの製造方法において、基板上に下側分布反射ミラーと、活性層を含む中間層とを形成する工程と、該中間層の上に、通電領域における層厚が電流狭窄領域における層厚よりも薄くなるように電流狭窄層を形成する工程と、前記電流狭窄層の上面に上側分布反射ミラーを形成する工程と、前記下側分布反射ミラー、前記中間層、前記電流狭窄層、および前記上側分布反射ミラーをエッチングすることによりメサを形成する工程と、前記メサの側壁から前記電流狭窄層を酸化させる工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法が提供される。

【0010】 また本発明によれば、通電領域と電流狭窄領域を備えた電流狭窄構造を有する半導体レーザの製造方法において、基板上に下側分布反射ミラーと、活性層を含む中間層とを形成する工程と、該中間層の上に第一電流狭窄層を形成する工程と、該第一電流狭窄層の上面に開口部を有するマスクを設けた後、該マスクの開口部に酸化ストップ層を形成する工程と、前記マスクを除去した後、全面に第二電流狭窄層を形成する工程と、前記第二電流狭窄層の上面に上側分布反射ミラーを形成する工程と、前記下側分布反射ミラー、前記中間層、前記電流狭窄層、および前記上側分布反射ミラーをエッチングすることによりメサを形成する工程と、前記メサの側壁から前記電流狭窄層を酸化させる工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法が提供される。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の半導体レーザは、たとえば図1、図4に示すような、電流狭窄領域および電流通電部を含んでなる電流狭窄構造を有する。電流狭窄領域の電流狭窄層は酸化層により構成される。酸化層の酸化の程度は、電流狭窄を行い得る抵抗を有する程度にまで酸化される。また、通電領域の電流狭窄層は実質的に酸化されていない。ここで、実質的に酸化されていないとは、全く酸化されていない場合および酸化されていても通電部としての機能が害されない場合をいい、たとえば通電領域の電流狭窄層の一部が酸化されていても通電部としての機能が害されない場合も含まれる。

【0012】本発明において、電流狭窄層を形成するために用いる材料として、Alを含む化合物、例えば $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) や、 AlAsSb 、 AlAs 等があげられる。 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) を用いた場合、電流狭窄領域においては酸化 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) から主としてなり、通電領域においては AlAs から主としてなる電流狭窄層が得られる。酸化プロセスにより、電流狭窄層のうち、電流狭窄領域のみが酸化され、通電領域においては実質的に酸化されないからである。

【0013】通電領域の電流狭窄層の厚みは好ましくは20nm以下であり、さらに好ましくは15nm以下であり、最も好ましくは12nm以下である。後述するように、層厚が20nm以下であればほとんど酸化が進まないからである。また通電領域の電流狭窄層の厚みの下限値はなく、0nm、すなわち通電領域に電流狭窄層が存在していなくてもよい。

【0014】また電流狭窄領域の電流狭窄層の厚みは20nmを超えることが好ましく、30nmを超えることがさらに好ましい。後述するように、層厚が20nmを越えれば酸化が好適に進行するからである。なお、層厚の上限は特にないが、1000nm以下とすることで十分である。これ以上層厚を厚くしても酸化の進行に影響しないからである。

【0015】本発明において、電流狭窄層は多層構造とすることもできる。すなわち、電流狭窄領域の電流狭窄層は、第一電流狭窄層および第二電流狭窄層を含んでなり、前記通電領域の電流狭窄層は、第一電流狭窄層、第二電流狭窄層およびこれらに挟まれた酸化ストップ層を含んでなる構成とすることもできる。

【0016】この場合、電流狭窄領域の第一電流狭窄層および第二電流狭窄層は酸化層により構成される。酸化層の酸化の程度は、電流狭窄を行い得る抵抗を有する程度にまで酸化される。また、通電領域の第一電流狭窄層および第二電流狭窄層は実質的に酸化されていない。ここで、実質的に酸化されていないとは、全く酸化されていない場合および酸化されていても通電部としての機能が害されない場合をいい、たとえば通電領域の第一電流狭窄層の一部および/または第二電流狭窄層の一部が酸

化されていても通電部としての機能が害されない場合も含まれる。

【0017】酸化ストップ層としては、酸化されない、または酸化がされにくい材料であって、通電部の機能を害さないものが用いられる。例えば、 InP 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (x は0.95以下、好ましくは0.9以下であって、0以上である。)等が用いられる。酸化ストップ層の厚みは、上記第一電流狭窄層および第二電流狭窄層を分離する機能を発揮する程度であれば特に制限はない。通常1nm以上80nm以下とする。

【0018】また、通電領域の第一電流狭窄層および通電領域の第二電流狭窄層の厚みはいずれも、好ましくは20nm以下であり、さらに好ましくは15nm以下であり、最も好ましくは12nm以下である。後述するように、層厚が20nm以下であればほとんど酸化が進まないからである。

【0019】また、電流狭窄領域の第一電流狭窄層および電流狭窄領域の第二電流狭窄層の厚みの和は、20nmを超えることが好ましく、30nmを超えることがさらに好ましい。後述するように、層厚が20nmを越えれば酸化が好適に進行するからである。なお、層厚の上限は特にないが、1000nm以下とすることで十分である。これ以上層厚を厚くしても酸化の進行に影響しないからである。

【0020】

【実施例】

(実施例1) 図1は、本発明の実施例1を示す断面模式図である。半導体基板8上に垂直共振器型面発光レーザウェハが、分子線エピタキシ法または有機金属気相エピタキシ法により形成されたものである。具体的には、下側分布反射ミラー7と上側分布反射ミラー2からなる共振器に活性層4を有する中間層5をはさんだ構造を有し、中間層5の直上には電流狭窄用層3が設けられている。この電流狭窄用層3の層厚はたとえば電流狭窄領域Aでは12nm、電流狭窄領域Bでは24nmとする。メサ9はドライエッチング、またはウェットエッチングにより形成し、メサの外形はたとえば $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ の正方形である。外形寸法の目安としては通電領域Bにキャリアの平均自由工程、条件によるが数 μm を加えた程度以上であればかまわない。

【0021】メサ形成後に、このウェハを水蒸気雰囲気中、450°Cに15分間保持すると、電流狭窄用層3のうちBの領域だけが酸化される。これは、電流狭窄用層3の酸化は、メサ側壁部、すなわちエッチングにより電流狭窄用層3が表面に露出した面より進行するところ、酸化の進行は図2に示すような層厚依存性を有することによるものである。すなわち、この酸化条件においては、 AlAs は層厚20nm以下では酸化の進行が遅く、特に15nm以下ではほとんど酸化が進行しない。したがって、メサ9の側壁より層厚24nmの電流狭窄領域A

は時間とともに酸化されるが、酸化が通電領域Bに到達するとそこから先は層厚が12nmと薄いために酸化が進行しなくなり、結果として、電流狭窄層3の層厚が厚い電流狭窄領域Aのみが酸化される。これにより、あらかじめ電流狭窄層3の層厚を上記のように変化させておけばそのパターンに応じた酸化層の形成が均一性よく再現され、これにより、閾値電流等の特性がそろった均一性の良いレーザが再現性よく得られる。

【0022】上記のように電流狭窄層3の層厚を通電領域と電流狭窄領域とで異なるようにする方法は、用いる材料系に応じて適宜な方法を採用する。

【0023】InP系の材料のように加工と再成長を含む工程を経ても十分な特性が得られる材料を用いる場合には、以下のような製造方法が可能である。まず電流狭窄層3を成長後、その上にフォトリソグラフィによりマスクパターン形成し、次いで電流狭窄通電領域Bの電流狭窄層3をエッチングにより層厚を薄くする。このとき、電流狭窄通電領域Bの電流狭窄層3の一部または全部が、層厚0nmとなってもかまわない。その後、上側分布反射ミラー2を再成長させることにより、半導体レーザ主要部を形成する。このようにして、電流狭窄領域Aの電流狭窄層3の厚みが、通電領域Bの電流狭窄層3の厚みよりも厚くなるようにすることができる。

【0024】一方、GaAs系のように加工と再成長を含む工程を経た場合に再成長界面に欠陥が多く十分な特性が得られない材料系では、パシベーション、真空一環プロセス等について留意する必要がある。たとえばGaAs系の場合、パシベーションは、サルファパシベーション、砒素パシベーション等を用いることができ、水素プラズマクリーニング等を行うことが適当である。

【0025】(実施例2) 図4は本発明の第2の実施例に係る半導体レーザの断面模式図である。図1の電流狭窄層3を第一電流狭窄層12と第二電流狭窄層10とに分割し、その間に酸化ストップ層10を挟む構造を有する。すなわち、電流狭窄層が多層構造を有し、電流狭窄領域Aにおいては第一電流狭窄層12および第二電流狭窄層11を含み、通電領域Bにおいては、第一電流狭窄層12、第二電流狭窄層11およびこれらに挟まれた酸化ストップ層10を含む構造となっている。ここで、第一電流狭窄層12および第二電流狭窄層11は、電流狭窄領域Aでは実質的に酸化され、通電領域Bにおいては実質的に酸化されていない。

【0026】本実施例においても実施例1と同様の効果が得られる。この場合、加工、再成長によるレーザ作製が困難なGaAs等の材料系でもたとえばマスクMBE法(MBE: Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシ)を用いれば、連続一回成長でレーザウェハが作製できるという利点を有する。マスクMBE法とは、MBE成長中に図3に示すようなマスクでウェハを覆い、マスク開口部のみに成長を行う選択

成長方法のひとつである。具体的には、図4に示すようにマスクを用いない通常の成長方法で基板側分布反射ミラー7、中間層5、第一の電流狭窄層12を12nmとする。このとき第一の電流狭窄層の層厚を12nmとする。ここでウェハを図3で示すマスクで覆い、マスク開口部に酸化ストップ層10としてGaAs層を10nm成長する。この後マスクを除去して通常の成長で第二の電流狭窄層10を12nm、上側分布反射ミラー2を成長する。このウェハを図1のようにメサエッチングを施して側壁から酸化を行うと、電流狭窄層の厚さは、第一の電流狭窄層12nmと第二の電流狭窄層12nmの和である24nmであり酸化が進行するが、酸化ストップ層10が成長した領域では、電流狭窄層が第一の電流狭窄層12と第二の電流狭窄層11に分離されており、それぞれの層厚は12nmなので酸化は進行しない。これにより実施例1と同様に均一で再現性の良い酸化が行えるので、特性の均一性が良いレーザが作製できる。

【0027】なお、電流狭窄層としてAlAsまたはAlGaAs等、酸化ストップ層として電流狭窄層よりAlの組成比が小さいAlGaAs、またはGaAs等が用いられるが、その組み合わせ、たとえばAlAsSbを電流狭窄層、InPを酸化ストップ層とすることもできる。

【0028】また上記の実施の形態では面発光レーザに関して説明したが、端面発光型のレーザについても同様の電流狭窄構造が適用することもできる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザは、電流狭窄領域の電流狭窄層の厚みが前記通電領域の電流狭窄層の厚みよりも厚いため、酸化プロセスにおいて、電流狭窄領域のみが酸化されて通電領域は実質的に酸化されない。このため、所望のパターンに応じた酸化層の形成が均一性よく再現され、これにより、閾値電流等の特性がそろった均一性の良いレーザを再現性よく得ることができる。

【0030】また、本発明の半導体レーザは、電流狭窄層を多層構造とし、電流狭窄領域は第一電流狭窄層および第二電流狭窄層とを含み、通電領域は第一電流狭窄層、第二電流狭窄層およびこれらに挟まれた酸化ストップ層を含むため、加工、再成長によるレーザ作製が困難なGaAs等の材料系でも、煩雑な工程を経ることなく上記と同様の効果が得られる。すなわち、所望のパターンに応じた酸化層の形成が均一性よく再現され、これにより、閾値電流等の特性がそろった均一性の良いレーザを再現性よく得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザの断面模式図である。

【図2】酸化深さの層厚依存性を示す図である。

【図3】本発明に用いるマスクMBE法のマスクを示す図である。

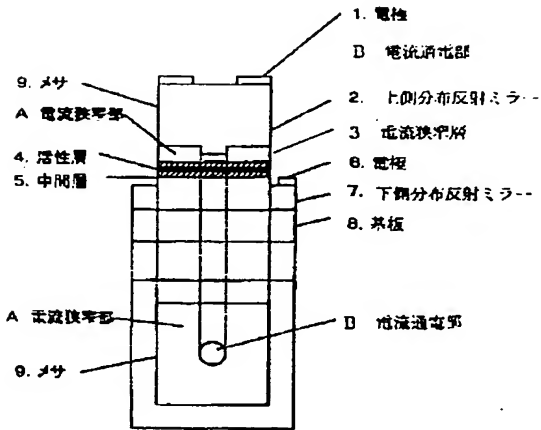
【図 4】は発明の半導体レーザの断面模式図である。

【符号の説明】

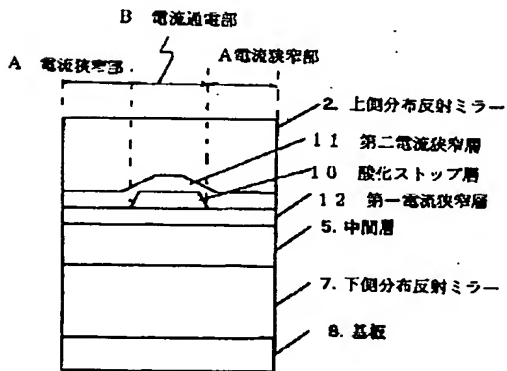
- 1 電極
- 2 上側分布反射ミラー
- 3 電流狭窄層
- 4 活性層
- 5 中間層

- 6 電極
- 7 基板側分布反射ミラー
- 8 基板
- 9 メサ
- 10 第二電流狭窄層
- 11 酸化ストップ層
- 12 第一電流狭窄層

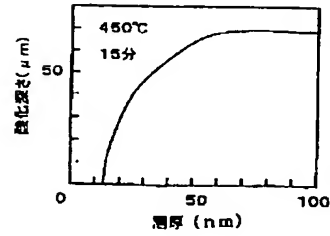
【図 1】



【図 4】



【図 2】



【図 3】

